

## ***Model Reference Adaptive Control-Proportional Derivative (MRAC-PD) Untuk Kendali Kelembapan Dan Temperatur Pada Sistem Pendingin Jamur Merang***

Halim Mudia

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim  
Jl. H.R. Soebrantas Km.15, Panam, Pekanbaru, Riau, Indonesia

*email:* halim.mudia@uin-suska.ac.id

**Abstrak** - Jamur merang merupakan komoditas sayuran yang bernilai ekonomi tinggi tetapi harus selalu dijaga dalam keadaan segar, di mana kendala pada jamur merang tersebut memiliki umur simpan lebih rendah dari sayuran lainnya. Cara untuk memperpanjang umur simpan jamur merang tersebut harus disimpan pada temperatur sekitar  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  dengan kelembapan sekitar RH 90-95%, oleh karena itu dibutuhkan suatu pengendalian agar bisa mempertahankan kelembapan dan temperatur tersebut agar sesuai dengan *setpoint* yang diberikan, di mana *setpoint* untuk kelembapan=RH 93% dan temperatur=  $5^{\circ}\text{C}$ . Dalam penelitian ini metode kendali yang digunakan adalah *Model Reference Adaptive Control (MRAC)-PD*, yaitu salah satu metode yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut karena *MRAC* terdapat mekanisme kendali adaptif yang bertujuan untuk mengendalikan keluaran sistem sama dengan model referensi yang diberikan dan pengendali *PD* digunakan untuk membantu *MRAC* agar sistem kerjanya menjadi lebih baik. Berdasarkan simulasi dan analisa respon keluaran sistem pendingin jamur merang menggunakan kendali *MRAC-PD* didapat hasil pengendalian kelembapan yaitu *error steady state* = RH 0%, *overshoot*= 0% dan *rise time*=22.3829 detik, dan untuk pengendalian suhu *error steady state*=  $0^{\circ}\text{C}$ , *overshoot*= 0% dan *rise time*= 858.0282 detik.

**Kata Kunci** - Kelembapan, Temperatur, *Model Reference Adaptive Control (MRAC)-PD*

**Abstract** - Mushroom is a vegetable commodity of high economic value but must always be kept in a fresh condition, where the constraints on the mushroom have a lower shelf life than other vegetables. The way to extend the shelf life of these mushrooms must be stored at a temperature of about  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  with humidity around RH 90-95%, therefore a control is needed to maintain the humidity and temperature to match the given *setpoint*, where the *setpoint* for humidity = RH 93% and temperature =  $5^{\circ}\text{C}$ . In this research, the control method used is the *Model Reference Adaptive Control (MRAC) -PD*, which is one method that can solve this problem because *MRAC* has an adaptive control mechanism that aims to control the system output similar to the reference model given and the *PD* controller is used to help *MRAC* so that the system works better. Based on the simulation and analysis of the output response of the mushroom cooling system using *MRAC-PD* control the results of humidity control: *error steady state*= RH 0%, *overshoot*= 0% and *rise time*= 22.3829 seconds, and for temperature control: *error steady state*=  $0^{\circ}\text{C}$ , *overshoot*= 0% and *rise time* = 858.0282 seconds.

**Keywords:** Humidity, *Model Reference Adaptive Control (MRAC)-PD*, Temperature

## I. PENDAHULUAN

Jamur merang merupakan komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan prospektif karena sebagai sumber protein. Kandungan protein pada jamur cukup bervariasi tergantung pada struktur genetik setiap spesies jamur dan perbedaan komposisi fisik dan kimia pada media pertumbuhan. Kandungan protein pada jamur lebih besar dua kali lipat dari protein asparagus dan kentang, empat kali lipat protein tomat dan wortel dan enam kali lipat protein jeruk. Pasaran jamur merang masih terbuka lebar untuk pasokan pasar lokal, nasional, dan internasional (diekspor). Di Indonesia, sentral produksi jamur merang terdapat di provinsi Jawa Barat (kabupaten Karawang, Subang, Purwakarta, dan Bekasi), Jawa Tengah (kabupaten Brebes dan Magelang), Jawa Timur (kabupaten Malang, Pasuruan, dan Mojokerto), dan Lampung. Diantara daerah-daerah tersebut, kabupaten Karawang merupakan sentra produksi jamur merang yang terbesar karena 70% dari produsen jamur merang Indonesia terdapat di wilayah Karawang. Sampai dengan tahun 2010 di kabupaten Karawang terdapat 2.501 unit kumbung dengan jumlah produksi sekitar 5.252 ton dan produktivitas 2,10 (kwintal/kumbung)<sup>3</sup> [1].

Pengembangan jamur merang dituntut untuk mempertimbangkan aspek keunggulan komparatif dan kompetitif, yaitu bahwa jamur merang yang dipasarkan harus dapat berkompetisi dari sisi kualitas, harga, dan kesinambungan pasokannya. Permasalahannya jamur merang merupakan produk yang sangat mudah rusak dan mulai menurun mutunya dalam satu hari setelah panen sehingga menyulitkan dalam proses distribusi dan pemasaran produk segar [1].



Gambar 1. Jamur merang

Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada hasil panen jamur merang maka perlu dilakukan suatu pengendalian kelembaban dan temperatur dengan tujuan agar sesuai dengan setpoint yang diberikan, serta *overshoot* yang mendekati nol. Di mana temperatur merupakan suatu ukuran dingin atau panasnya, dan satuan temperatur yang banyak digunakan di Indonesia adalah celcius (°C) [2], sedangkan kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh, maka terjadi pemadatan. Secara matematis *relative humidity* (RH) didefinisikan sebagai persentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dengan tekanan uap air jenuh [3].

Beberapa penelitian yang sudah mencoba untuk mengatasi permasalahan tersebut, diantaranya yaitu, yang pertama dengan menggunakan kendali PID tapi dari hasil respon keluaran masih terdapat *overshoot* [4], dan yang kedua dengan menggunakan kendali *On-Off* dengan kata lain tidak menggunakan metode kendali sehingga hasilnya juga tidak maksimal [5].

Kendala jamur merang yaitu memiliki daya simpan yang rendah dengan umur simpan jamur merang lebih rendah dari sayuran lainnya. Jamur merang mempunyai umur simpan kurang lebih dari satu hari artinya beberapa jam setelah dipanen jamur merang menjadi lembek, berubah warna dan membusuk, meskipun jamur dipanen pada saat tudung jamur akan mengincup [6].

Jamur merang dapat diawetkan dengan penyimpanan pada temperatur dan kelembaban yang tepat sehingga dapat bertahan 1-4 hari. Untuk memperpanjang umur simpan jamur merang

disimpan pada suhu sekitar  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  dengan RH 90-95%, untuk menjaga jamur merang dalam keadaan segar dan memiliki daya simpannya lama. Maka diperlukan pengendalian kelembapan dan temperatur pada ruang penyimpanan jamur merang tersebut [7].

*Model Reference Adaptive Control* (MRAC) merupakan salah satu pengendali yang dapat menjadi pilihan karena performansi keluaran sistem mengikuti performansi keluaran model referensi yang sudah ditetapkan. Kendali adaptif MRAC memiliki dua metode perancangan yaitu *MIT Rule* dan Kestabilan Lyapunov [8].

Sifat utama dari aksi kendali PD adalah mendahului sinyal masukan dalam hal ini waktu *derivative* ( $T_D$ ) adalah waktu yang diperlukan sehingga keluaran kendali proposional besarnya sama dengan keluaran dari kendali *derivative* secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi dari kontrol *derivative* adalah memperbaiki stabilitas dan mempercepat respon keluaran proses [9].

## II. METODE

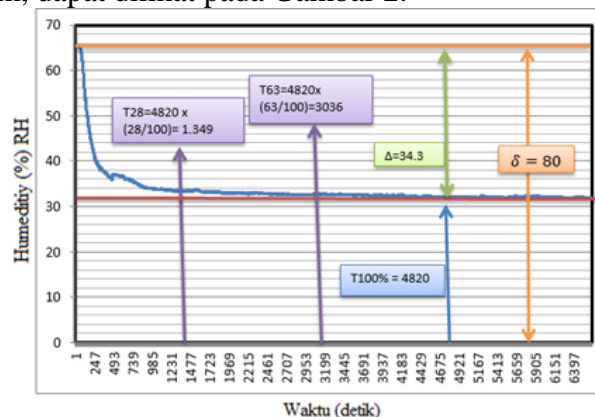
Pada penelitian ini, telah ditelaah beberapa pustaka khususnya penelitian-penelitian yang terkait dengan topik yang akan diselesaikan. Uraian dari tiap-tiap pustaka yang disampaikan akan dikerucutkan untuk mendapatkan beberapa konsep yang digunakan dalam penelitian. Pustaka-pustaka yang mendasari penelitian ini meliputi, sistem pendingin jamur merang, *Model Reference Adaptive Control*, dan *Proportional Derivative*.

### A. Model Matematika Sistem Pendingin (Cold Storage) Jamur merang

Tahapan awal dari pemodelan sistem ini yaitu pengambilan keluaran data temperatur dan kelembapan secara *open loop* (tanpa kendali). Respon keluaran temperatur dan kelembapan udara ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, dan kemudian diolah untuk mendapatkan nilai dari model matematika (*transfer function*):

#### 1. Pemodelan Sistem Untuk Kelembapan

Pemodelan matematika untuk kelembapan dilakukan dengan cara mengidentifikasi respon keluaran *open loop* sistem, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon *Open Loop* Sistem Untuk Kelembapan

Nilai delta diplot langsung dari grafik:

$$\Delta = 34,3 \quad (1)$$

Untuk mendapatkan nilai akhir:

$$\begin{aligned} \text{Nilai awal} - \Delta \\ = 65 - 34,3 \end{aligned} \quad (2)$$

$$= \text{RH } 30,7 \%$$

Maka nilai delta ( $\Delta$ ):

$$\Delta = \text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}$$

$$= 30,7 - 65$$

$$= \text{RH } 34,3 \%$$

Dari Gambar 2 dapat dicari nilai-nilai untuk pemodelan:

$$t_{100\%} = 4820 \times \left(\frac{100}{100}\right) = 4820 \text{ detik} \quad (4)$$

$$t_{28\%} = 4820 \times \left(\frac{28}{100}\right) = 1349 \text{ detik} \quad (5)$$

$$t_{63\%} = 4820 \times \left(\frac{63}{100}\right) = 3036 \text{ detik} \quad (6)$$

Sehingga didapat:

$$\tau = 1,5(t_{63} - t_{28}) \quad (7)$$

$$= 1,5(3036 - 1349)$$

$$= 1,5(1687)$$

$$= 2530,5 \text{ detik}$$

dan:

$$\theta = t_{63} - \tau \quad (8)$$

$$= 3036 - 2530,5$$

$$= 506$$

Dengan:

$$K = \frac{\Delta}{\theta} \quad (9)$$

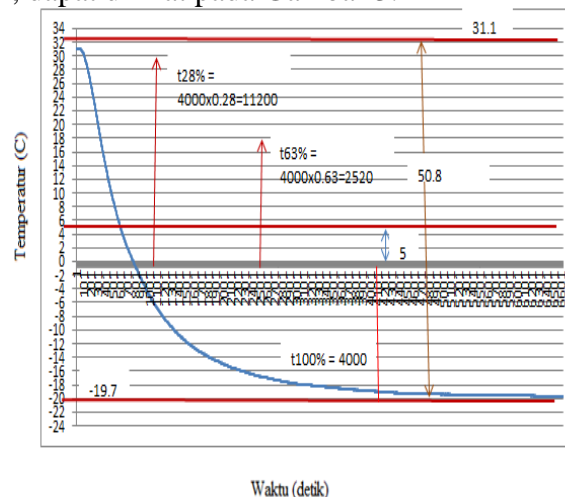
$$= \frac{-34,3}{80} = -0,428$$

Sehingga didapatkan model matematika untuk kelembapan:

$$G_r(s) = \frac{-0,428e^{-506s}}{2530,5s+1} \quad (10)$$

## 2. Pemodelan Sistem Untuk Temperatur

Pemodelan matematika untuk temperatur dilakukan dengan cara mengidentifikasi respon keluaran *open loop* sistem, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Respon *Open Loop* Sistem Untuk Temperatur

Nilai delta diplot langsung dari grafik:

$$\Delta = -50,8 \quad (11)$$

Untuk mendapatkan nilai akhir:

$$\text{Nilai awal} - \Delta = \quad (12)$$

$$31,1 - 50,8 = -19,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maka nilai delta ( $\Delta$ ):

$$\Delta = \text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal} \quad (13)$$

$$= -19,7 - 31,1 = -50,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dari Gambar 4 dapat dicari nilai-nilai untuk pemodelan:

$$t_{100\%} = 4000 \times \left(\frac{100}{100}\right) = 4820 \text{ detik} \quad (14)$$

$$t_{28\%} = 4000 \times \left(\frac{28}{100}\right) = 1120 \text{ detik} \quad (15)$$

$$t_{63\%} = 4000 \times \left(\frac{63}{100}\right) = 2520 \text{ detik} \quad (16)$$

Sehingga didapat:

$$\tau = 1,5(t_{63} - t_{28}) \quad (17)$$

$$= 1,5(2520 - 1120)$$

$$= 1,5(1400)$$

$$= 2100 \text{ detik}$$

dan:

$$\theta = t_{63} - \tau \quad (18)$$

$$= 2520 - 1120$$

$$= 420 \text{ detik}$$

Dengan:

$$K = \frac{\Delta}{\theta} \quad (19)$$

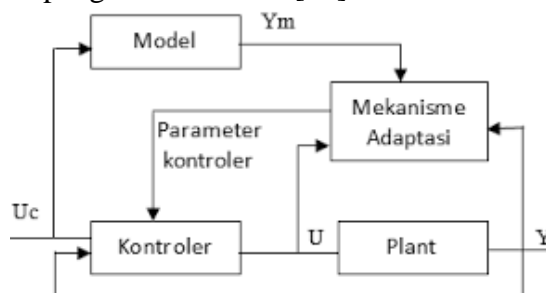
$$= \frac{-50,8}{5} = -10,16$$

Sehingga didapatkan model matematika untuk temperatur:

$$G_t(s) = \frac{-10,16e^{-420s}}{2100s+1} \quad (20)$$

## B. Model Reference Adaptive Control (MRAC)

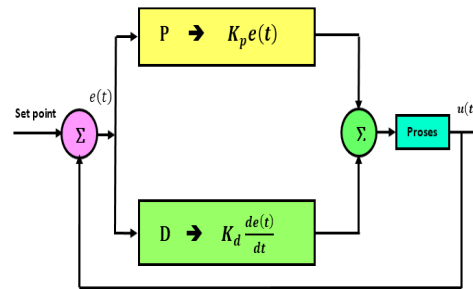
*Model Reference Adaptive Controller* (MRAC) merupakan salah satu skema kendali adaptif di mana performansi keluaran sistem mengikuti performansi keluaran model referensinya. MRAC dapat dianggap sebagai sistem servo adaptif di mana kinerja yang diinginkan dinyatakan dalam bentuk model referensi, yang memberikan respon yang diinginkan terhadap sinyal perintah. Gambar 4 menunjukkan blok diagram pengendali MRAC [10].



Gambar 4. Blok Diagram *Model Reference Adaptive Control* (MRAC).

### C. *Proportional Derivative (PD)*

Pengendali dapat dikatakan sebagai otak dalam operasi sistem, salah satu contoh pengendali PD merupakan kombinasi dari 2 pengendali yaitu *proportional* (P), dan *derivative* (D) yang masing-masingnya mempunyai kemampuan dalam mengendalikan suatu proses dalam sistem. PD merupakan sebuah pengendali yang memiliki algoritma yang paling sederhana dan umum digunakan dalam penerapannya tidak harus menggunakan 2 pengendali ini, penggunaan pengendali tergantung kepada kebutuhan. Dapat menggunakan pengendali P, D, atau PD [4].



Gambar 5. Diagram Blok PD

Di mana:

$K_p = \text{Proporsional Gain}$

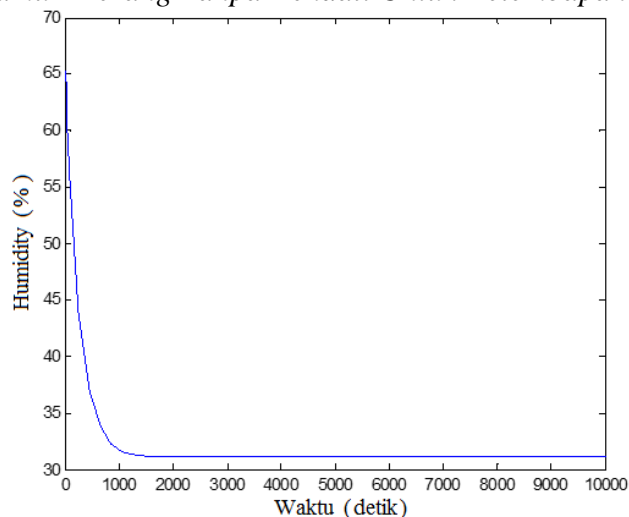
$K_d = \text{Derivatif Gain}$

Kendali *proportional* (P) dapat digunakan untuk mempercepat respon sistem dan kendali *derivative* (D) dapat difungsikan untuk menghilangkan osilasi. Sehingga jika kendali tersebut dikombinasikan akan menghasilkan respon yang bagus.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *setpoint* untuk kelembapan ditentukan sebesar RH 93%, dan nilai *setpoint* untuk temperatur sebesar 5°C. Nilai-nilai inilah yang nantinya dijadikan acuan untuk nilai respon keluaran sistem yang diinginkan untuk masing-masing pengendalian.

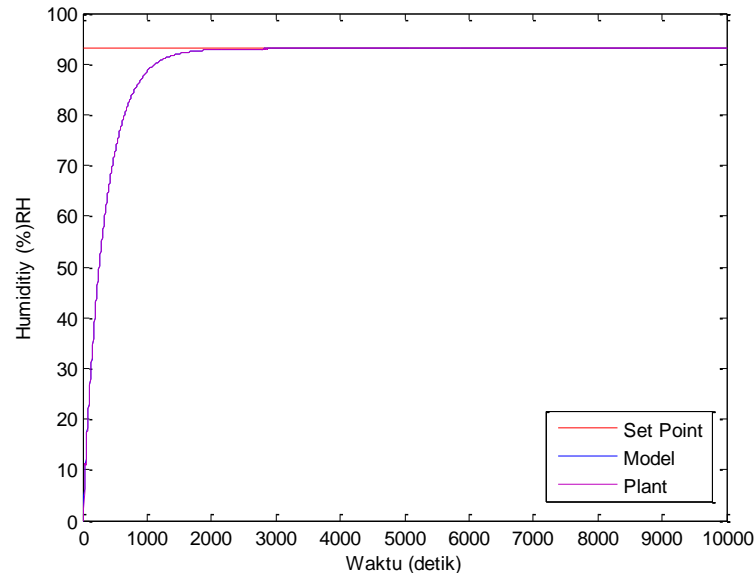
### A. *Sistem Pendingin Jamur Merang Tanpa Kendali Untuk Kelembapan*



Gambar 6. Respon Keluaran Tanpa Kendali Untuk Kelembapan

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa respon keluaran sistem tidak sesuai dengan *setpoint* yang diberikan yaitu RH 93%, sehingga diperlukan suatu kendali untuk mengatasinya.

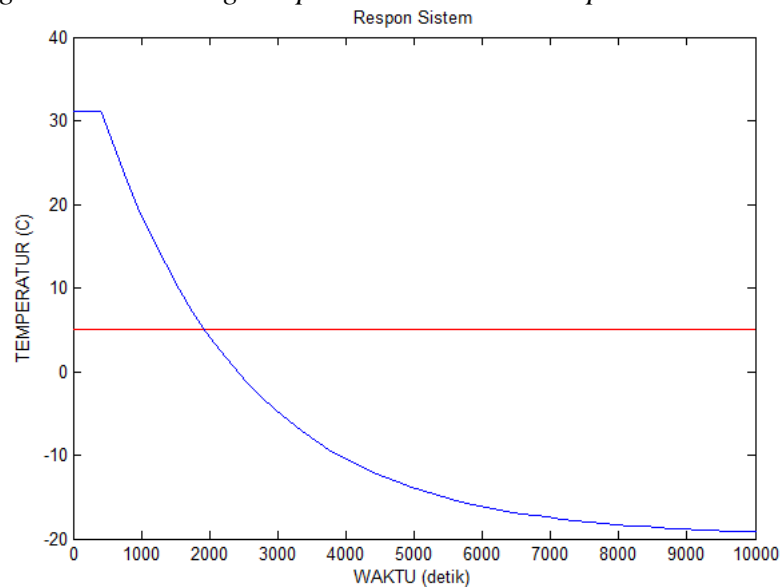
**B. Sistem Pendingin Jamur Merang Untuk Pengendalian Kelembapan Dengan Kendali MRAC-PD**



Gambar 7. Respon Keluaran Dengan Kendali MRAC-PD Untuk Kelembapan

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa respon keluaran sudah sesuai dengan *setpoint* yang diberikan yaitu RH 93% model referensi yang diinginkan, dengan *error steady state*= RH 0 % dan *overshoot*=0 % dan tidak terjadi lagi osilasi.

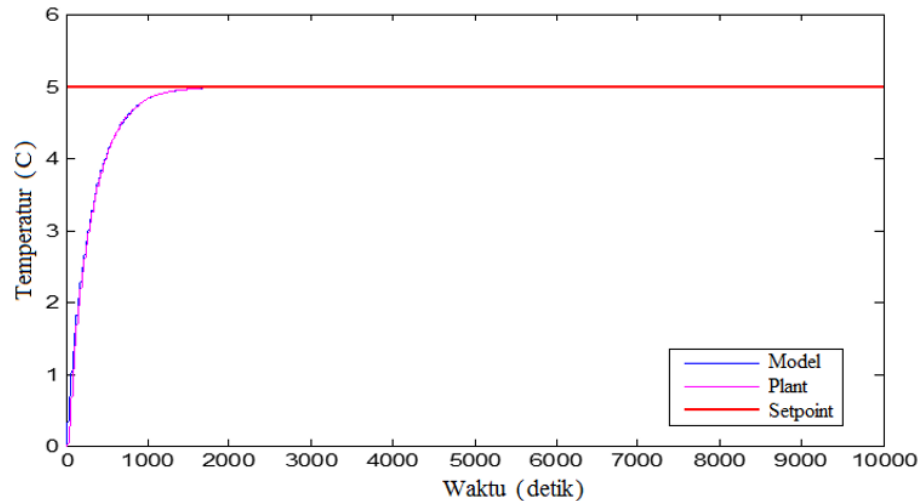
**C. Sistem Pendingin Jamur Merang Tanpa Kendali Untuk Temperatur**



Gambar 8. Respon Keluaran Tanpa Kendali Untuk Tempeartur

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa respon keluaran sistem tidak sesuai dengan *setpoint* yang diberikan yaitu 5°C, sehingga diperlukan suatu kendali untuk mengatasinya.

#### D. Sistem Pendingin Jamur Merang Untuk Pengendalian Temperatur Dengan Kendali MRAC-PD



Gambar 9. Respon Keluaran Dengan Kendali MRAC-PD Untuk Temperatur

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa respon keluaran sudah sesuai dengan *setpoint* yang diberikan yaitu 5°C model referensi yang diinginkan, dengan *error steady state*= 0°C dan *overshoot*=0 % dan tidak terdapatnya osilasi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan analisa respon keluaran sistem pendingin jamur merang menggunakan kendali MRAC-PD diperoleh hasil pengendalian kelembapan yaitu *error steady state* = RH 0%, *overshoot*= 0% dan *rise time*=22.3829 detik, dan untuk pengendalian suhu *error steady state*= 0°C, *overshoot*= 0% dan *rise time*= 858.0282 detik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada beberapa rekan yang telah membantu dalam menyelesaikan dan berkontribusi pada penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] S.A. Resa, N. Sigit, dan R. Ridwan, "Karakteristik Mutu Fisikokimia Jamur Merang (*Volvarella Volvacea*) Selama Penyimpanan Dalam Berbagai Jenis Larutan Dan Kemasan" Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, 2012.
- [2] S. Idawati Supu, U. Baso Usman, B. Selviani Basri, Sunarmi," Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda" Pogram Studi Fisika, Fakultas Sains Universitas Cokroaminoto Palopo, 2016.
- [3] P.H. Aditiya,"Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Berbasis Mikrokontroler Untuk Mengendalikan Temperatur dan RH Pada Kumbung Jamur Merang (*Volvariella Volvaceae* L.)" Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 2018.
- [4] Karsid dan A. Rofan, "Perancangan Kendali PID Dengan Model *Process Reaction Curve* Pada Showcase Jamur Merang" Politeknik Negeri Indramayu, 2015.



- [5] Karsid dan A. Rofan, “Studi Perbandingan Model Dan Aplikasi Kontrol *On-Off* Pada *Cold Storage* Jamur Merang” Politeknik Negeri Indramayu, 2016.
- [6] S. Etty dan D. Diny, “Teknologi Budidaya Dan Penanganan Pascapanen Jamur Merang, *Volvariella Volvacea*” Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2007.
- [7] R. Aziz dan Karsid. “Uji Performansi Kontrol Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Variasi Kontrol Digital Dan Kontrol Scheduling Untuk Pengawetan Buah Dan Sayuran” Teknik Elektro Universitas Andalas, 2015.
- [8] K.J. Astrom and B. Wittenmark, “*Adaptive control*”, 2nd ed., Dover Publications, New York. 2001.
- [9] S. Iwan, “Kontrol PID Untuk Proses Industri” PT Elex Media Komputindo. 2008.
- [10] M. Gopal, “*Digital Control and State Variable Method (Conventional and Intelligent control system) Third Editon*” The McGraw-Hill Companies, 2010.